

# Fotosíntesis



Grupo 605  
Fuentes Bartolo Erika  
Rojano Montes Aarón  
Solís Pinson Ana Belén  
Velasco Gutiérrez Mariana

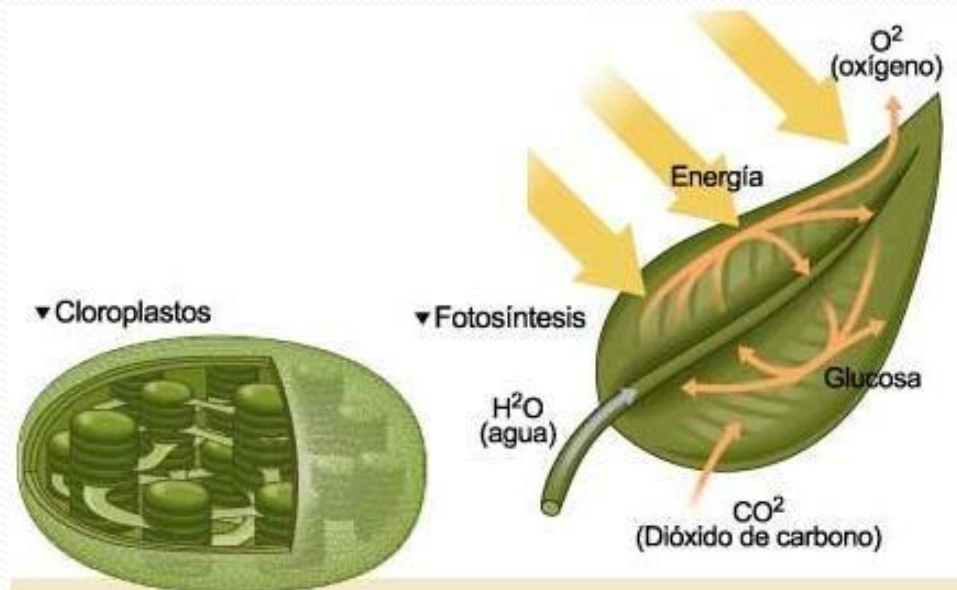
<http://www.jardineria.pro/wp-content/uploads/2008/03/flor-de-un-dia.jpg>

# Fotosíntesis

- Proceso de transformación de energía luminosa, en energía química aprovechable.
- Producción de moléculas orgánicas a partir de moléculas inorgánicas.

El proceso se resume en:

**Dióxido de carbono + Agua + Luz  $\longrightarrow$  Glucosa + Oxígeno**



# Organismos Autótrofos

(*autos*: por si mismo; *trofo*: nutrición)

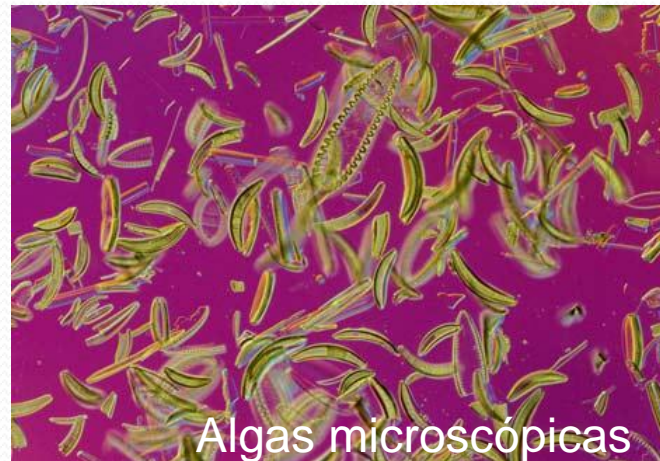
- Realizan la fotosíntesis
- Incluyen a todas las plantas verdes, algas y algunas bacterias.
- Los fotosintetizadores principales son las plantas y las algas microscópicas marinas.
- Poseen pigmentos fotosintetizadores.



Plantas verdes



Imagen: [http://images-partners-tbn.google.com/images?q=tbn:Mb0kUQGdftdruM:2.bp.blogspot.com/\\_zk73x\\_dUfIA/Si4b-HLxI2I/AAAAAAAAABl/hjTFay-A7V0/s320/images](http://images-partners-tbn.google.com/images?q=tbn:Mb0kUQGdftdruM:2.bp.blogspot.com/_zk73x_dUfIA/Si4b-HLxI2I/AAAAAAAAABl/hjTFay-A7V0/s320/images)



Algas microscópicas



# Cloroplastos

- Organelos celulares ubicados en el citoplasma.
- Lugar donde se lleva a cabo la fotosíntesis.
- Miden entre 2 y 6 micras.
- Estructura:

## a) Interna:

Estroma

Tilacoides

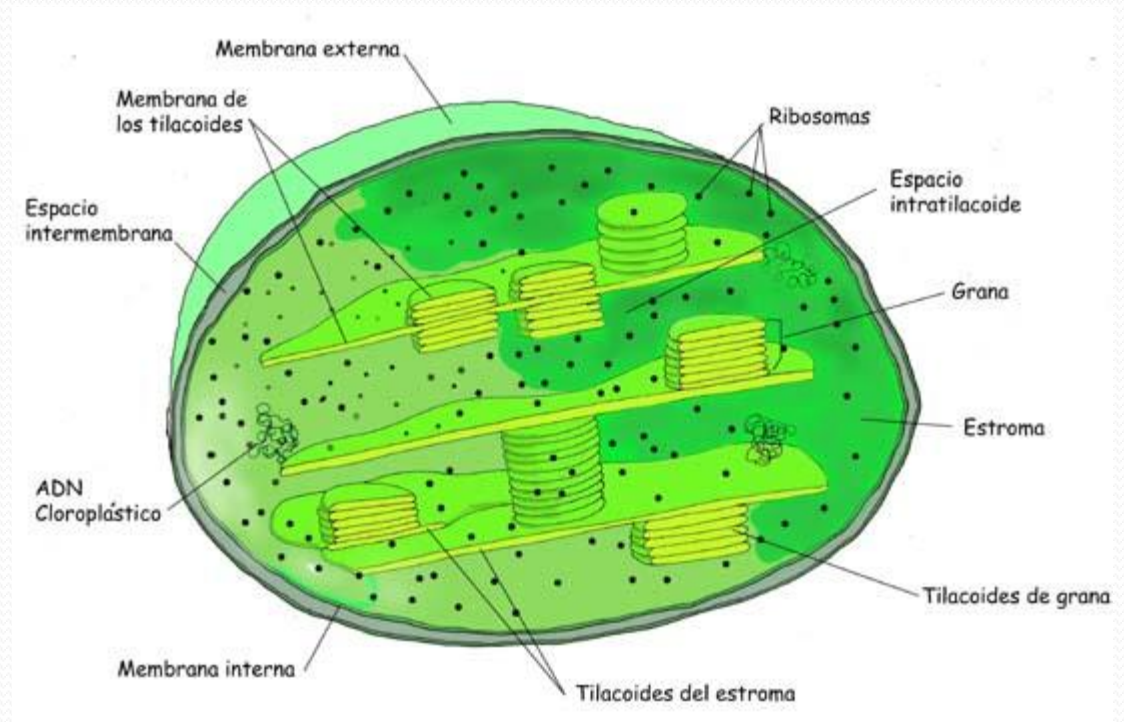
Grana

Lamelas o intergrana

Lumen

## b) Externa:

Doble membrana.



# Proceso de la fotosíntesis

- La clorofila capta la energía primaria de la luz solar, para que sea transformada en energía química.

Proceso global:  $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} + 686 \text{ kcal/mol} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$

- Se lleva a cabo en dos fases:

- 1.- Fase luminosa: requiere de luz para ser iniciada.
- 2.- Fase oscura o Ciclo de Calvin: independiente de la luz.

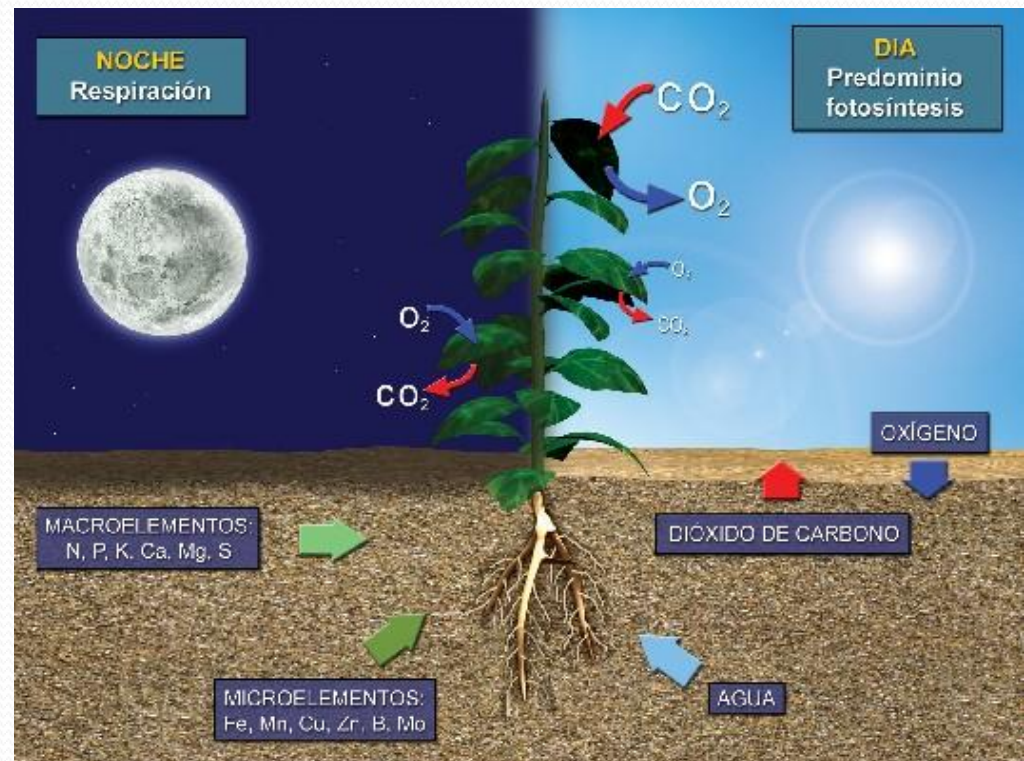
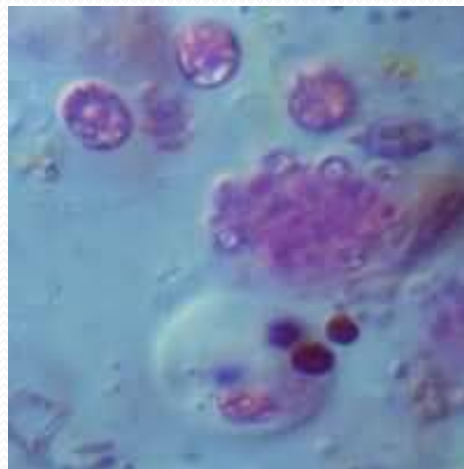


Imagen: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iesalfonso\\_romero\\_barcojo/actividades\\_tic/trabajos\\_profesorado/unidades\\_didacticas/ciencias\\_naturales/ud\\_celula/imagenes\\_celula/Nueva%20carpeta%20imagenes/Fotosintesis\\_respiracion.jpg](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iesalfonso_romero_barcojo/actividades_tic/trabajos_profesorado/unidades_didacticas/ciencias_naturales/ud_celula/imagenes_celula/Nueva%20carpeta%20imagenes/Fotosintesis_respiracion.jpg)

# Tipos de Fotosíntesis

- Fotosíntesis anoxigénica: Se lleva a cabo en 3 tipos de organismos, las sulfobacterias purpúreas, las sulfobacterias verdes y las bacterias verdes.

En este tipo de fotosíntesis los organismos ya mencionados, no utilizan el agua como donador de protones sino utilizan otras sustancias como sulfuro de hidrógeno o ácido láctico, de esta manera **no existe producción de oxígeno.**



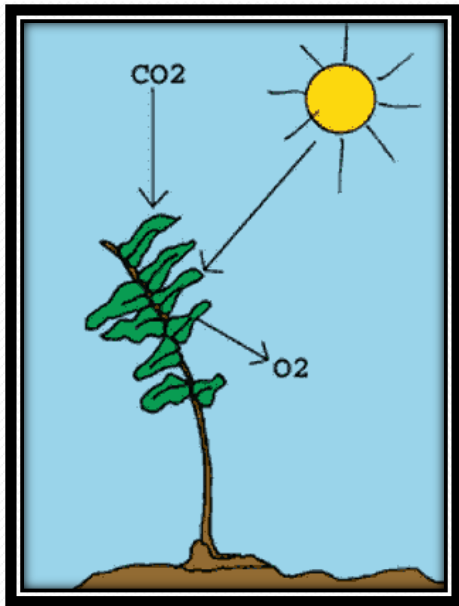
Sulfobacterias purpúreas o Chromatiales





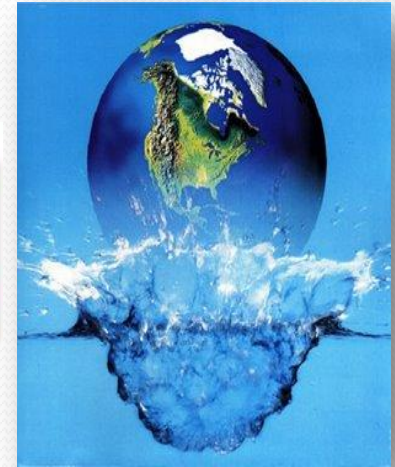
- Fotosíntesis oxigénica: Se lleva a cabo en las plantas, algas y algunas bacterias.

Las plantas toman dióxido de carbono del aire y agua del suelo y, con la energía del sol, sintetizan glucosa, un hidrato de carbono rico en energía (E), y **liberan oxígeno**. Este proceso tiene lugar en las hojas gracias a la clorofila, un pigmento contenido en los cloroplastos (organelos propios de las células vegetales).



# H2O ¿Qué función desempeña en la fotosíntesis?

El agua es una molécula compuesta por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno; durante la fotosíntesis la primera reacción que se produce es la ruptura de ésta molécula denominada **fotolisis** del agua, de esta manera la molécula se convierte en dador de electrones.

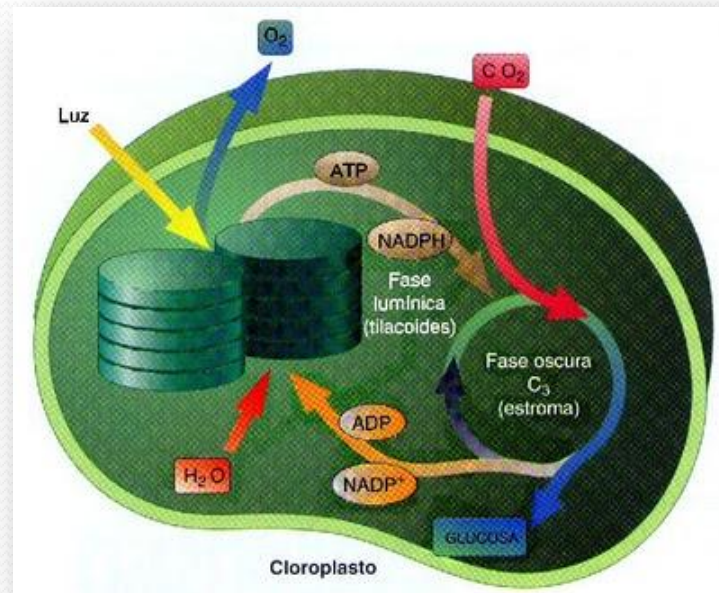


Los electrones energéticos aportarán la energía química necesaria para que los protones de hidrógeno se unan al dióxido de carbono y formen hidratos de carbono en forma de glucosa.



## Obtención del carbono que constituye a los productos finales

- El carbono que constituye a las moléculas que se producen se obtiene por medio del Ciclo de Kelvin; ya que en este ciclo se va a utilizar la energía química obtenida en la fase luminosa, en reducir  $\text{CO}_2$  y asimilar los bioelementos como C (carbono), con el fin de sintetizar glúcidos.
- El ciclo se compone de 3 fases: fijación, reducción y regeneración.

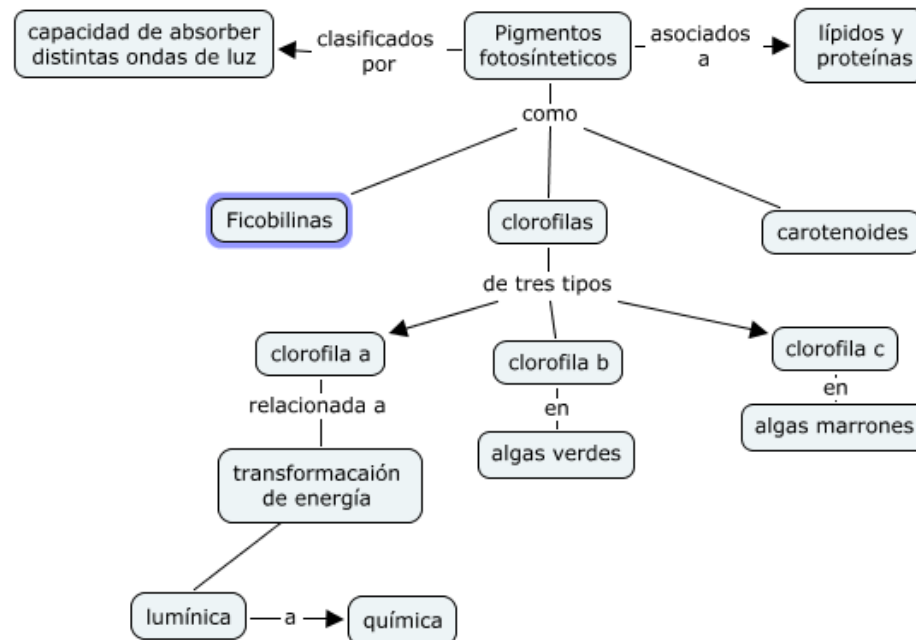


# Fase Luminosa

- La energía luminosa proveniente del sol fosforila el ADP, produciendo ATP y reduce el NADP<sup>+</sup> formando NADPH

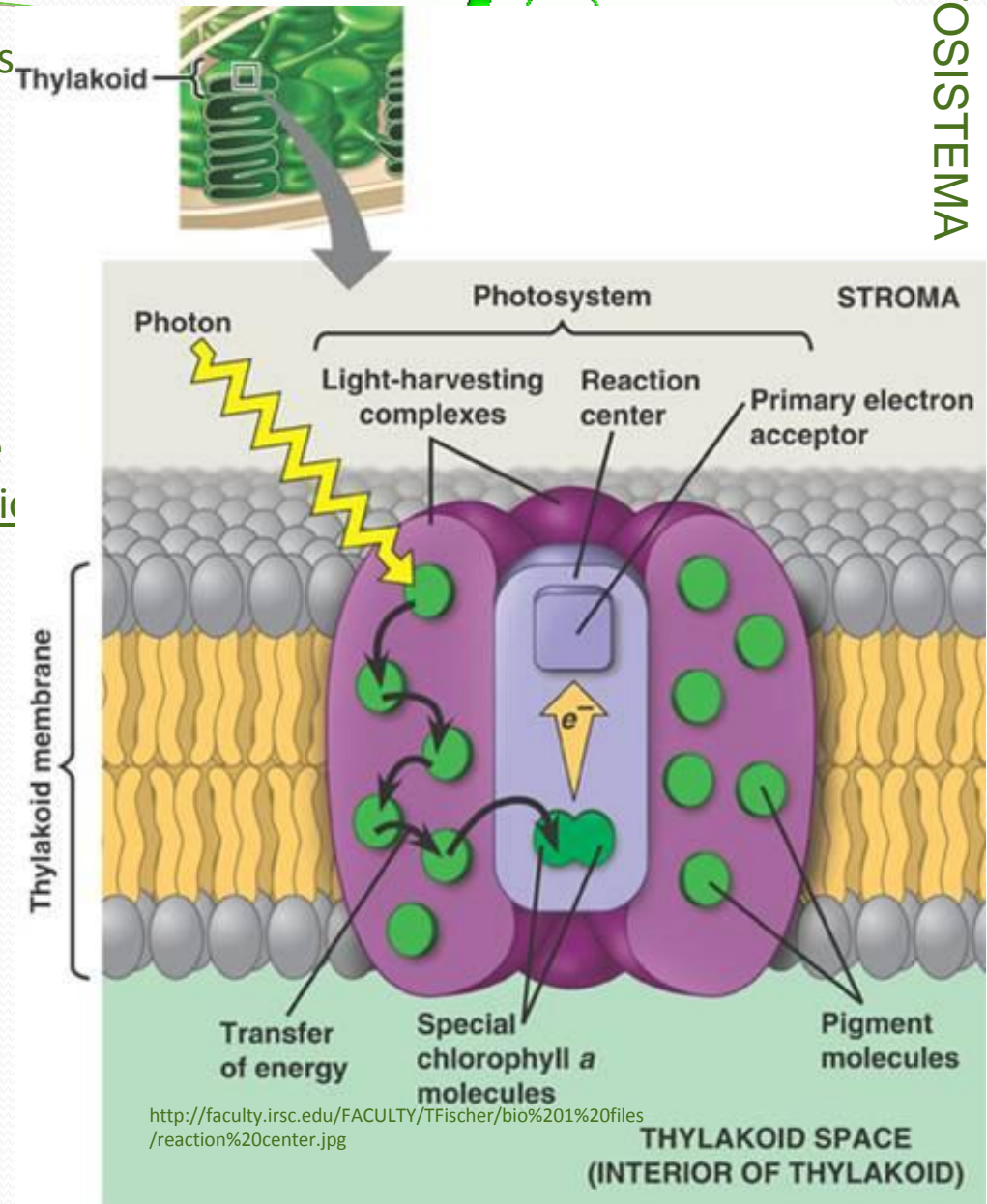


- Ocurre gracias a la presencia de **pigmentos fotosintéticos**, capaces de captar la energía luminosa. Cuando uno de estos absorbe energía de un fotón, pasa a un estado excitado inestable, al volver a su estado basal se libera energía para ser utilizada en un trabajo químico.
- La excitación de un pigmento fotosintético u otro depende de la longitud de onda de la luz .



Estos pigmentos están agrupados en dos fotosistemas (I y II) formados por:

- Una antena de 300 moléculas de pigmentos fotosintéticos
  - Un centro de reacción constituido por tres moléculas:
1. **clorofila diana**, a la que llegan los electrones excitados en la antena, y que después son enviados al aceptor primario de electrones.
  2. **aceptor primario de electrones**, que transfiere los electrones fuera del fotosistema.
  3. **dador primario de electrones**, que cede electrones a la molécula diana.





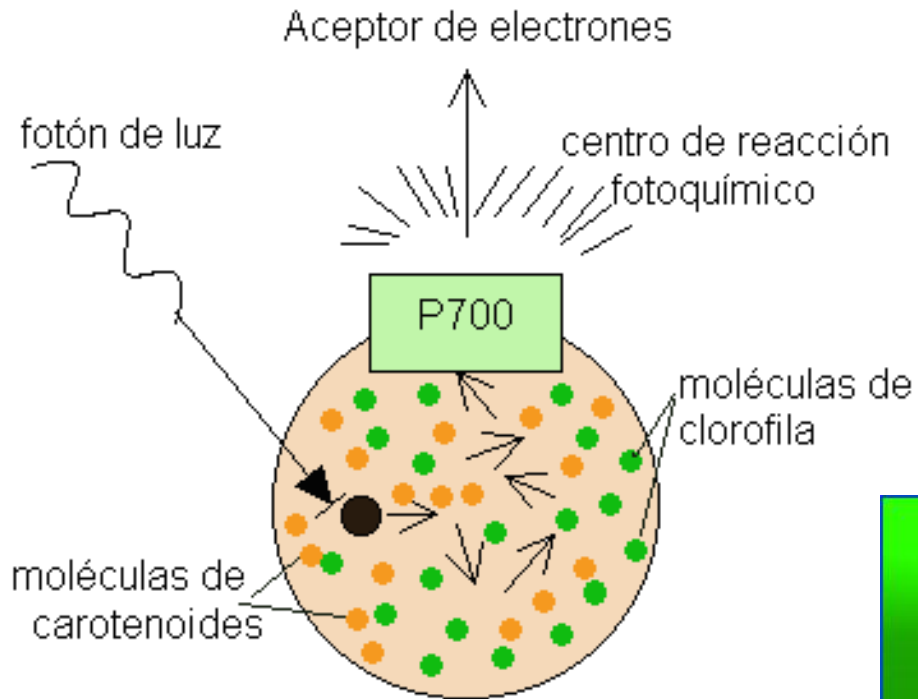
# Fotosistema I

- - Longitud de onda menor o igual a 700 nm.
- Antena compuesta por clorofila a, b y carotenos.
- Molécula diana: clorofila a<sub>I</sub> (P700)
- Aceptor primario: aceptor X
- Dador primario: plastocianina (PC)

# Fotosistema II

- Longitud de onda menor o igual a 680 nm.
- Antena compuesta por clorofila a, b y xatófilas.
- Molécula diana: clorofila a<sub>II</sub> (P680)
- Aceptor primario: aceptor Q (plastoquinona)
- - Dador primario dador Z

## FOTOSISTEMA I



[http://edu.jccm.es/ies/alonsoquijano/PaginaVieja/websdelosdepartamentos/webdebiologia/geologia/imagenes/imagenes\\_biologia/CLOROP5.GIF](http://edu.jccm.es/ies/alonsoquijano/PaginaVieja/websdelosdepartamentos/webdebiologia/geologia/imagenes/imagenes_biologia/CLOROP5.GIF)

## FOTOSISTEMA II

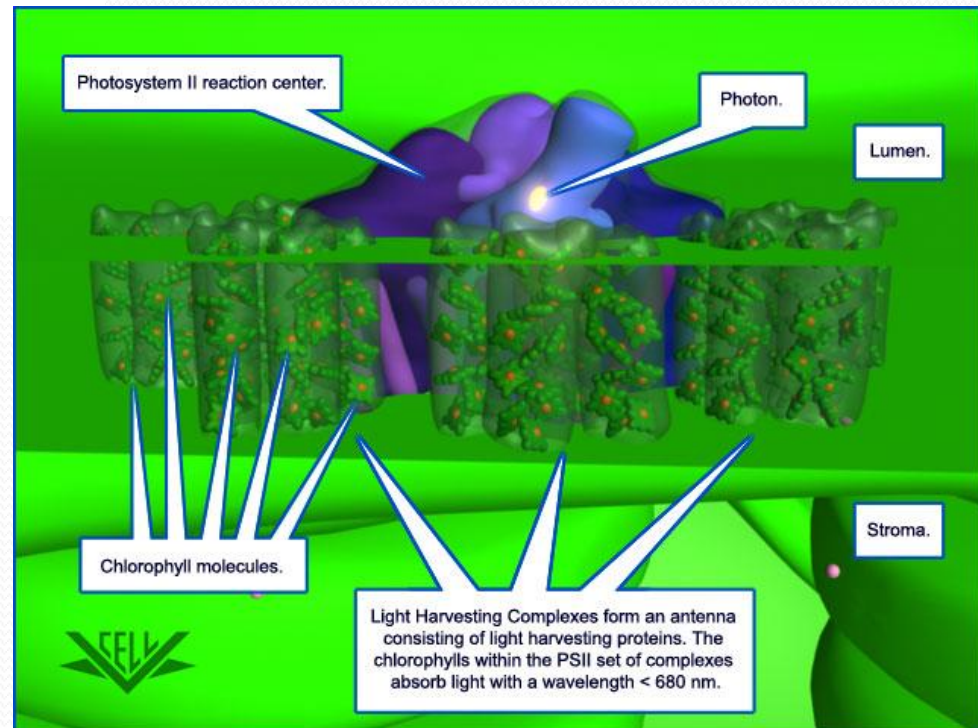


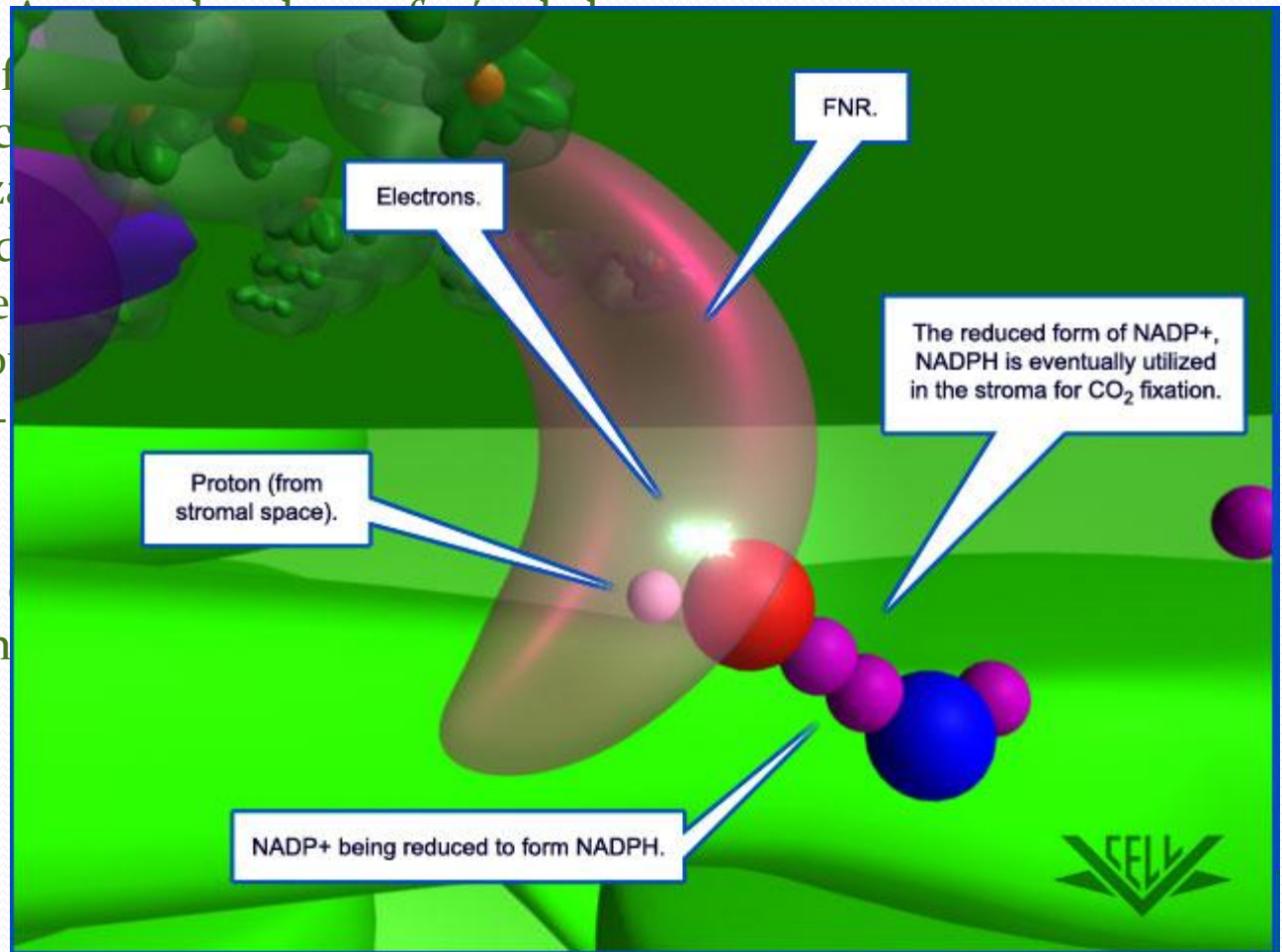
Imagen: <http://vcell.ndsu.edu/animations/photosynthesis/images/PhotoStills-03.jpg>

Esta fase inicial puede presentarse en dos formas: con **transporte acíclico de electrones** o con **transporte cíclico de electrones**. En la forma acíclica intervienen los dos fotosistemas y en la cíclica, solamente el fotosistema I.

### TRANSPORTE NO CÍCLICO DE ELECTRONES

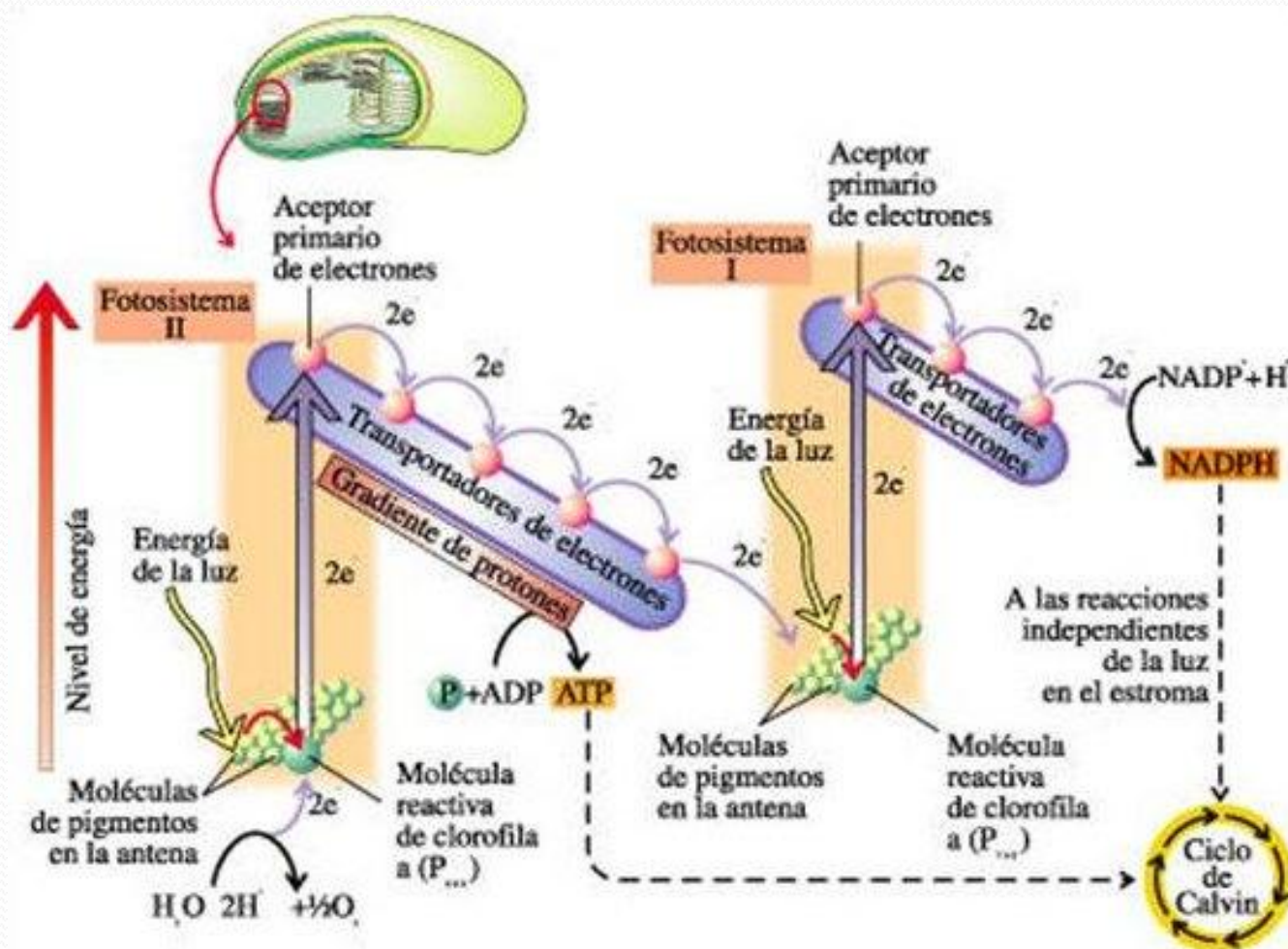
- Se forma ATP y NADPH.

1. Un pigmento de la
2. La energía se transf
3. El electrón energiza
4. Al llegar a una pro
5. Cuando el NADP+
6. La molécula P700





En el fotosistema II ocurre lo mismo, solo que el electrón que se excita en el centro de reacción es el de una molécula P680, después de pasar por la cadena de transporte este electrón es donado al Fotosistema I donde es reenergizado y se forma de nuevo NADPH



For



Manganese ion.

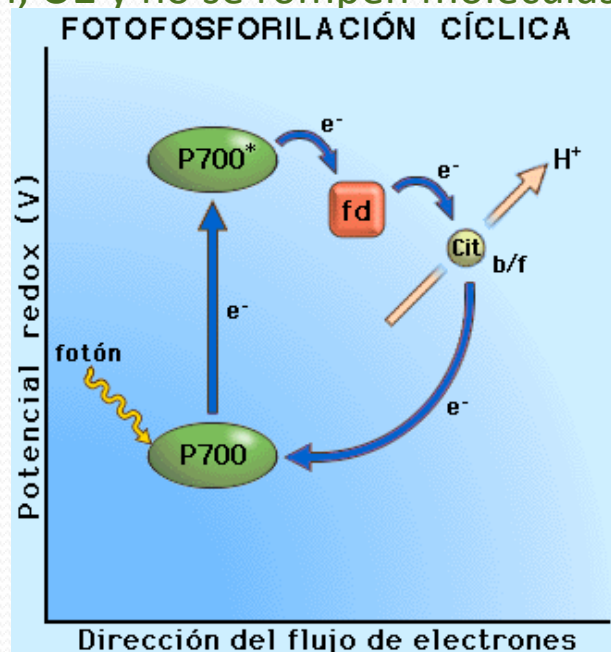
Non-reactive oxygen.

Tyrosyl.

Because the reduction potential of P680 is more positive than that of water, it is capable of oxidizing water molecules into  $O_2$  and  $H^+$  ions. This occurs at the oxygen-evolving complex, located on the luminal surface of the thylakoid membrane.

## TRANSPORTE CÍCLICO DE ELECTRONES

- Solo participa el fotosistema I
- Los electrones excitados de la molécula P700 en algún momento regresan al centro de reacción
- En presencia de luz el flujo de electrones es constante en la cadena de transporte
- La energía liberada en la cadena es utilizada para el bombeo de protones creando un gradiente de protones y la energía de este se usa para producir ATP mediante la enzima ATP sintetasa
- No se produce NADPH,  $O_2$  y no se rompen moléculas de  $H_2O$





# Ciclo de Calvin

## Ruta C3

- Se utiliza la energía del ATP y el NADPH.
- Se forman moléculas orgánicas a partir de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).
- La mayor parte de las plantas utilizan el ciclo de Calvin para fijar en carbono.
- El ciclo de Calvin se lleva a cabo en el estroma en un conjunto de 13 reacciones divididas en 3 fases:
  1. Fijación del  $\text{CO}_2$
  2. Reducción del carbono
  3. Regeneración de Ribulosa bifosfato (RuBP)
- Las 13 enzimas catalizadoras se encuentran en el estroma del cloroplasto
- Se le conoce como ruta  $\text{C}_3$  ya que el producto de la fase de fijación del carbono es un compuesto de 3 carbonos.

## Fijación del CO<sub>2</sub>

- El CO<sub>2</sub> se combina con la **ribulosa bifosfato** (azúcar de 5 carbonos), por medio de la enzima **Ribulosa bifosfato carboxilasa/oxigenasa** (Rubisco) para formar dos moléculas de **fosfoglicerato PGA** (molécula de 3 carbonos)

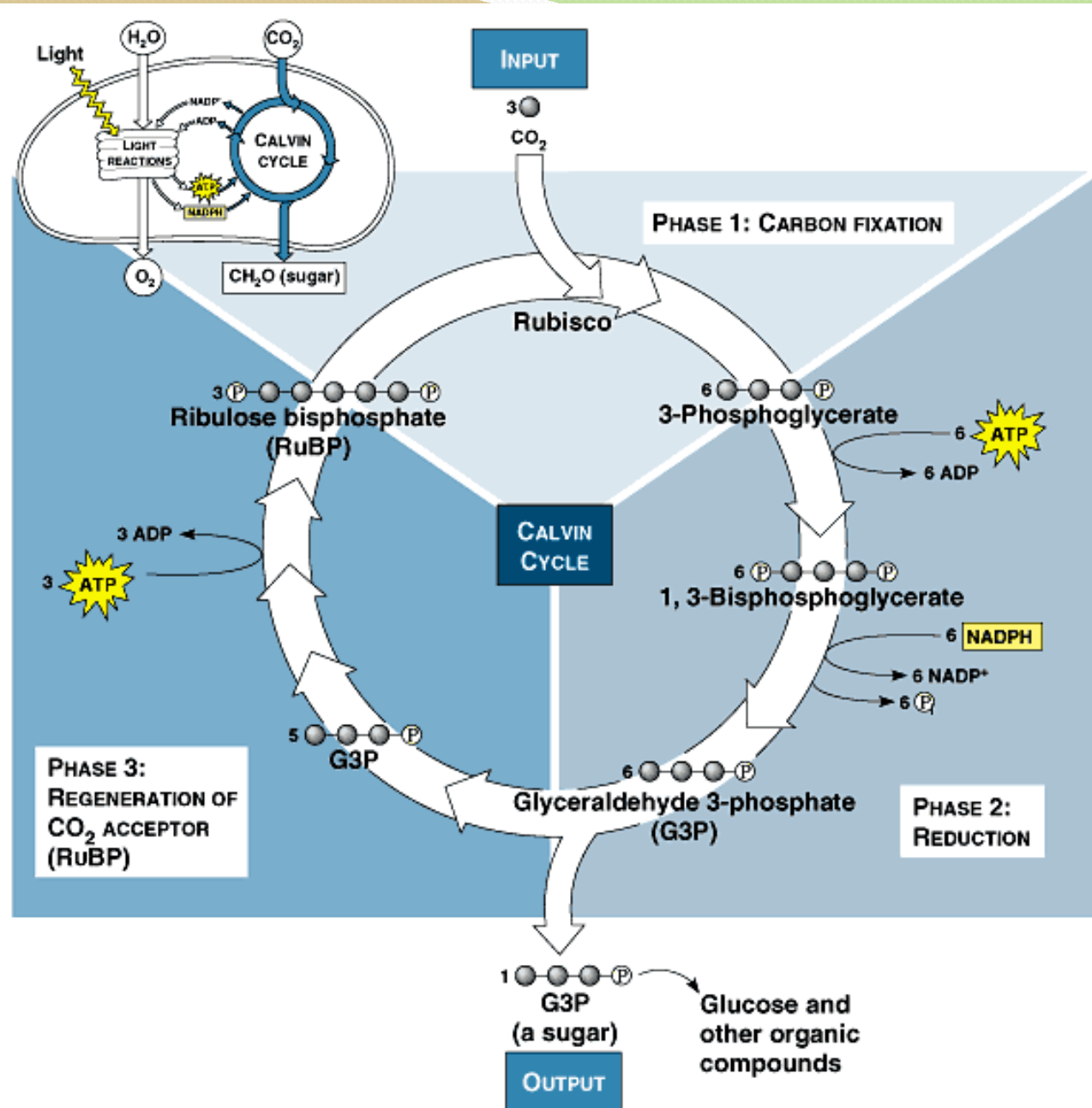
## Reducción de carbono

- El ATP y el NADPH se utilizan para convertir el PGA en gliceraldehído-3-fosfato (G<sub>3</sub>P)
- Por cada 6 moléculas de CO<sub>2</sub> fijado se obtienen 12 de G<sub>3</sub>P, 2 de estas salen del ciclo para producir el equivalente a una molécula de glucosa.

## Regeneración de RuBP

- Las moléculas restantes de G<sub>3</sub>P (30 átomos de C) se ordenan en 6 moléculas de ribulosa bifosfato y estas son fosforiladas por el ATP dando como resultado RuBP

# CICLO DE CALVIN





# FIJACIÓN DEL CARBONO EN PLANTAS C3, C4 Y CAM

- Al hablar de C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> y CAM hacemos referencia a rutas metabólicas.
- La ruta C<sub>3</sub> (ciclo de Calvin) es llamada así ya que el producto inicial en la fijación de carbono es un compuesto de 3 carbonos, a este grupo pertenecen el 89 % de las plantas estudiadas
- Muchas especies vegetales que viven en ambientes cálidos y secos tienen adaptaciones que facilitan la fijación del carbono



Maíz:  
planta  
C<sub>4</sub>

Imagen: <http://www.elporvenir.com.mx/upload/foto/20/2/3/ma%C3%ADz.jpg>



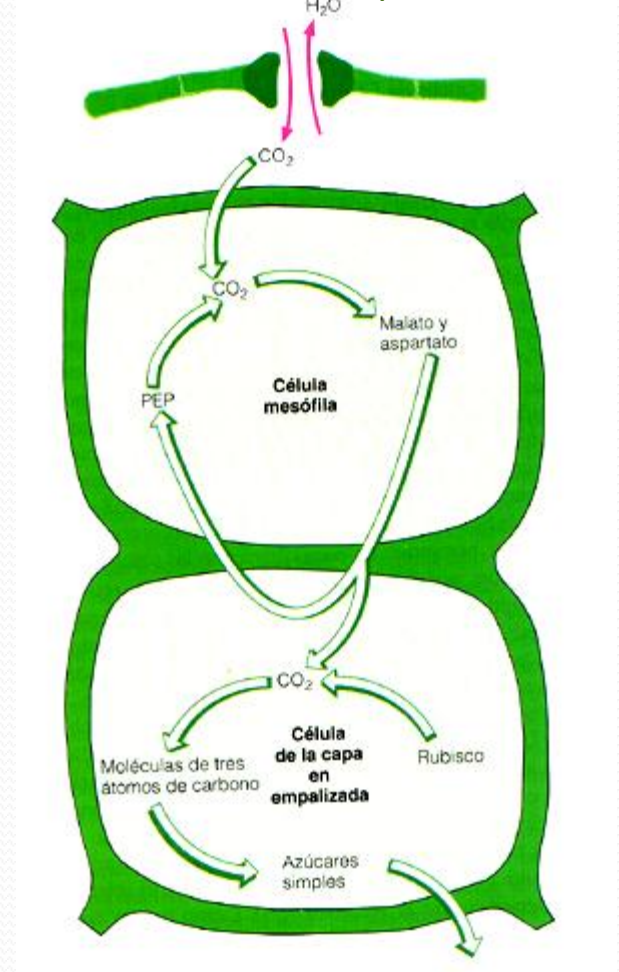
Nopal: planta CAM

Imagen: <http://www.elporvenir.com.mx/upload/foto/20/2/3/ma%C3%ADz.jpg>

# Ruta C4

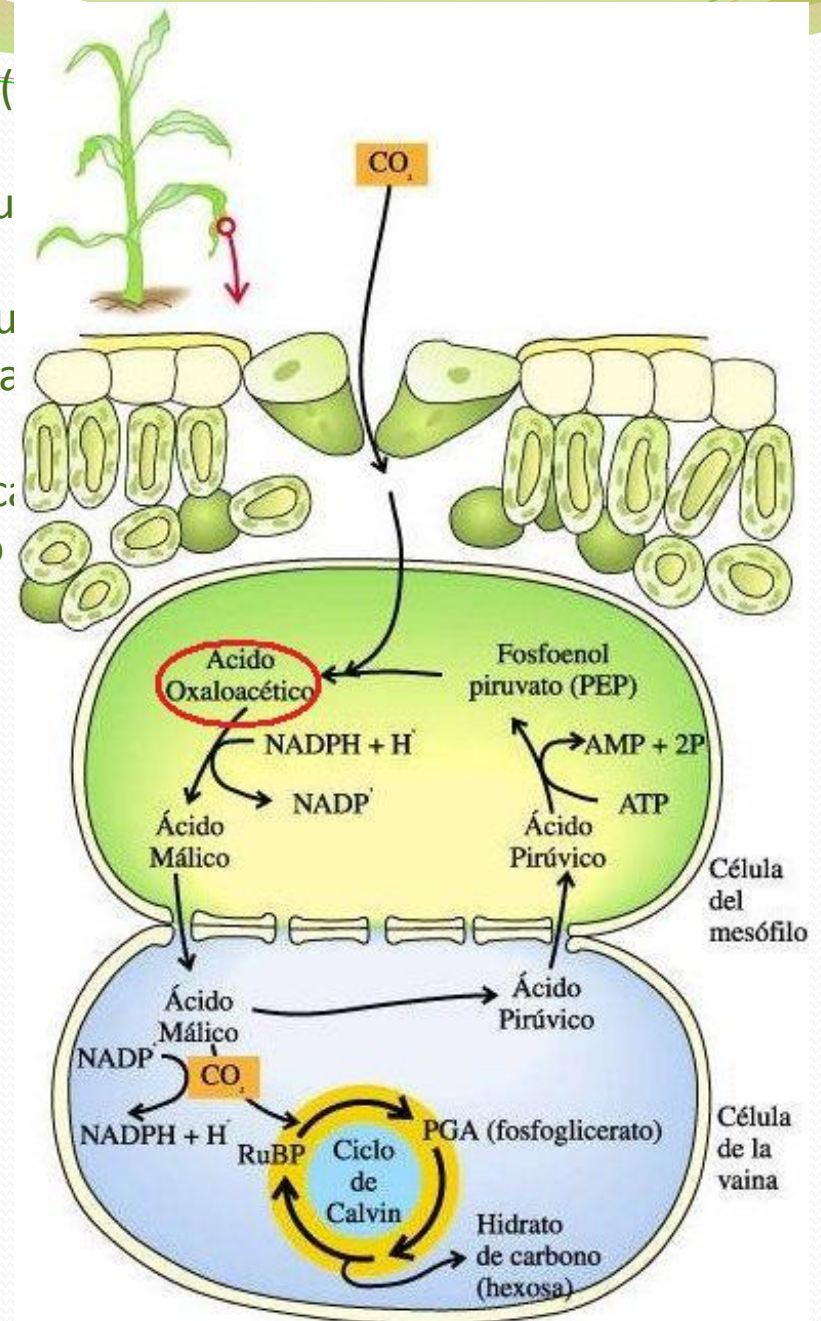
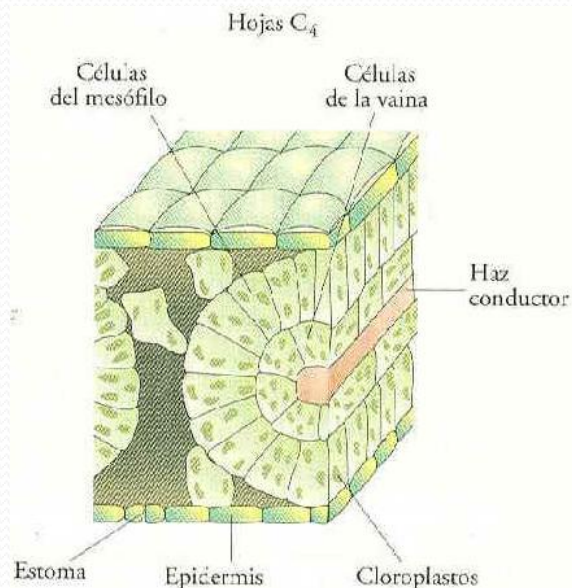
- Las plantas C<sub>4</sub>, inicialmente fijan el CO<sub>2</sub> en un compuesto de 4 carbonos llamado Oxaloacetato.
- Ocurre antes de la ruta C<sub>3</sub> y en distintas células.
- En plantas con anatomía foliar tipo Kranz
- Los compuestos (C<sub>4</sub>) se producen en las células del mesófilo y se transfieren a las de la vaina del haz vascular donde se realiza el ciclo de Calvin.
- El elemento más importante es la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPc)
- El CO<sub>2</sub> se captura y proporciona con gran eficacia, haciendo que su concentración en el mesófilo sea mayor que en plantas C<sub>3</sub>
- Fija eficazmente CO<sub>2</sub> en bajas concentraciones
- gramíneas como guisantes y las habas y cultivos como el maíz pertenecen a este grupo.

Fotosíntesis en una planta C4





1. El  $\text{CO}_2$  reacciona con el fosfoenolpiruvato (PEP)
2. Formación de oxaloacetato
3. El oxaloacetato se convierte en otro compuesto que requiere NADPH
4. El malato pasa a los cloroplastos de las células de la vaina
5. En la vaina de haz el malato es descarboxilado liberando  $\text{CO}_2$  y NADPH
6. El  $\text{CO}_2$  se combina con Ribulosa bifosfato ( $\text{RuBP}$ )
7. El piruvato regresa a la célula del mesófilo
8. Se regenera el fosfoenolpiruvato.





# Ruta CAM

(metabolismo ácido de las crasuláceas)

- La fijación del CO<sub>2</sub> ocurre durante la noche
- Ocurre en plantas que viven en condiciones de extrema sequedad o *xéricas* (*Cactaceae*, *Liliaceae*, *Orchidaceae*)
- las plantas abren los estomas durante la noche para evitar la excesiva pérdida de agua y captar CO<sub>2</sub>



Familia: crasuláceas

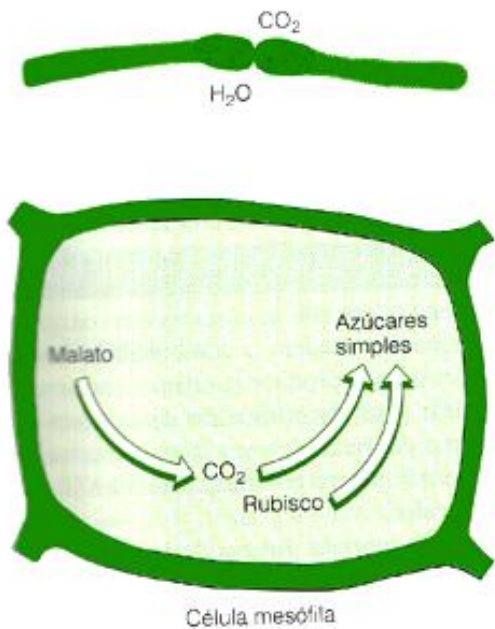


Familia. cactáceas

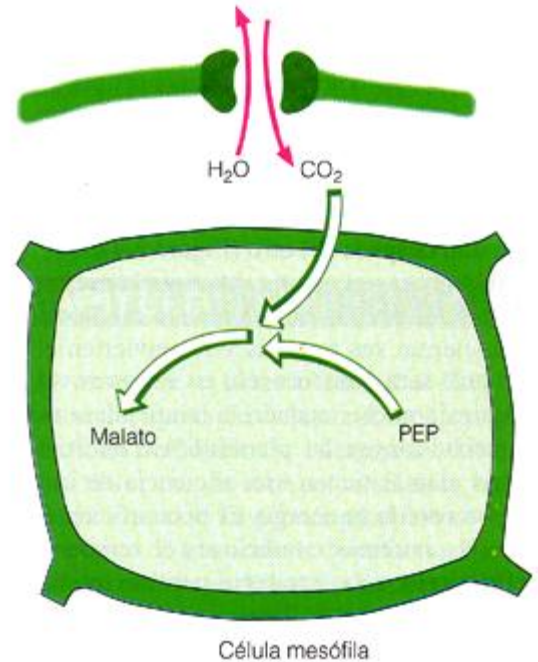
Foto <http://www.senderoxtrem.com/imagenes/flora-fauna/flora/familia-cactaceas-opuntia-ficus-indica-chumbera-nopal.jpg>

Foto: [http://1.bp.blogspot.com/\\_cXFXOZ2ZKUE/Rz3WVlc3cl/A/AAAAAAAAAck/COXlqHNzNtA/s400/lypocoides+variegada.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_cXFXOZ2ZKUE/Rz3WVlc3cl/A/AAAAAAAAAck/COXlqHNzNtA/s400/lypocoides+variegada.jpg)

1. El  $\text{CO}_2$  reacciona con el fosfoenolpiruvato (cat. FEPc)
2. Formación de oxaloacetato
3. El oxaloacetato se convierte en otro compuesto de 4 carbonos: malto o ácido málico donde se requiere NADPH
4. El malato es almacenado en las vacuolas celulares
5. Durante el día, con los estomas cerrados, el  $\text{CO}_2$  se separa del malato por descarboxilación. El  $\text{CO}_2$  se encuentra en el tejido de la hoja para su fijación en azúcares mediante el ciclo de Calvin ( $\text{C}_3$ )



Fotosíntesis de  
plantas CAM  
durante el día y  
la noche



Imágenes:

<http://profesores.sanvalero.net/~w0548/FSVdocumentos/Fotosintesis%20C3,C4%20y%20CAM.pdf>

# Diferencias entre rutas C3, C4 y CAM

Las Rutas C<sub>3</sub> y c<sub>4</sub> se producen en lugares diferentes de la hoja en la ruta c<sub>4</sub>:

1. Fijación del CO<sub>2</sub> en ácidos de 4 carbonos en **células mesofilicas**
2. al ocurrir la descarboxilación el CO<sub>2</sub> se fija por la vía C<sub>3</sub> en **la vaina de haz**

Las rutas CAM y C<sub>3</sub> ocurren en diferentes momentos en una misma célula de una planta CAM, es decir:

En las plantas CAM la fijación de CO<sub>2</sub> ocurre durante la noche, la descarboxilación de malato y por consiguiente la producción de azúcar por vía C<sub>3</sub> ocurre durante el día.

La ruta CAM no promueve el crecimiento rápido como la ruta C<sub>4</sub>, sin embargo tiene gran éxito en condiciones áridas

Las plantas CAM realizan intercambio gaseoso y al mismo tiempo reducen la pérdida de agua, lo cual les permite vivir en desiertos donde no lo hacen las plantas C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>



# ¿Cuál es la importancia del proceso para el mantenimiento de la vida en el planeta?

La vida en la Tierra continúa dependiendo de la fotosíntesis. Los organismos fotosintéticos capturan la energía de la luz y, en una serie de reacciones muy compleja, la utilizan para fabricar los glúcidos, y liberar el oxígeno, a partir del dióxido de carbono y del agua.

Ésto quiere decir, que gracias a la fotosíntesis el dióxido de carbono desechado por los organismos aerobios y que capturan las plantas, es transformado en oxígeno.

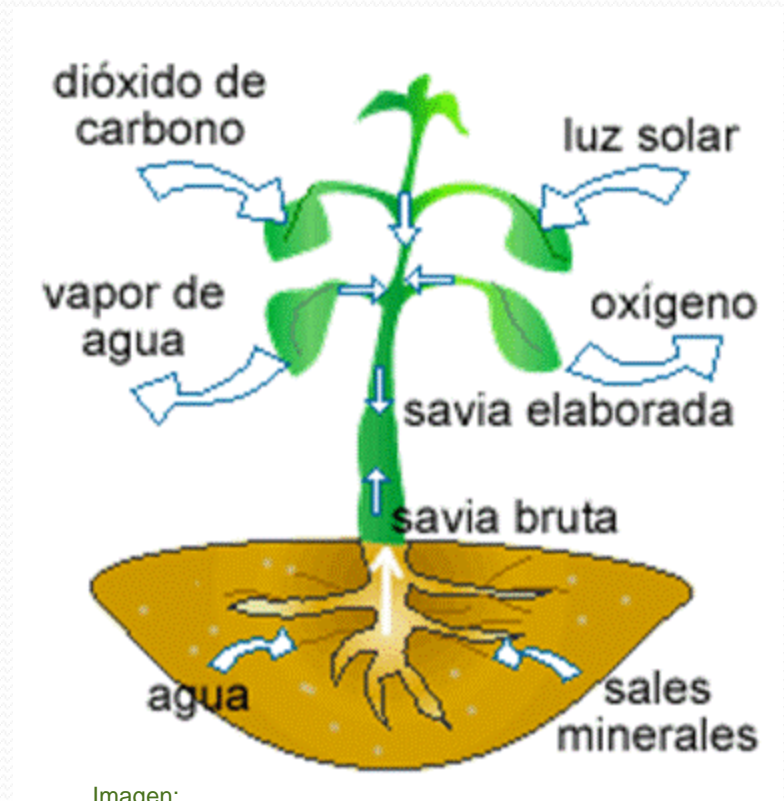


Imagen:  
[http://docente.ucol.mx/jonathan\\_covarrubias/public\\_html/bio/foto\\_arhivos/image002.gif](http://docente.ucol.mx/jonathan_covarrubias/public_html/bio/foto_arhivos/image002.gif)

# ¿Qué ocurre con la fotosíntesis durante el otoño?

- Durante el otoño e invierno, cuando el árbol carece de hojas, entra en una etapa de letargo, consumiendo sus reservas hidratocarbonadas en el proceso de la respiración, hasta la espera de la aparición de nuevas hojas.

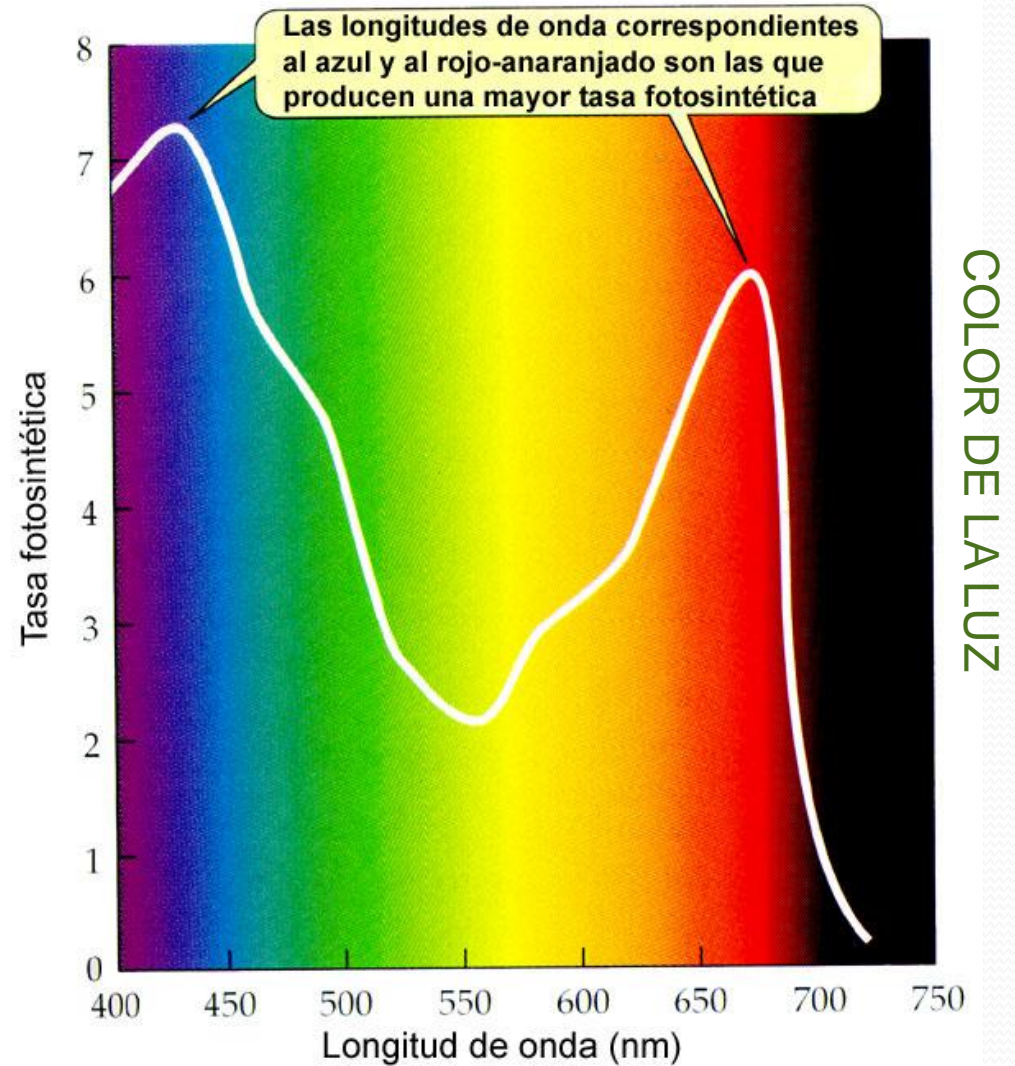


Árboles durante el otoño

Imagen: <http://jonaydh.files.wordpress.com/2009/09/otono.jpg>

# Factores que influyen en la fotosíntesis

- Intensidad Luminosa
- Concentración de  $\text{CO}_2$
- Temperatura
- Fotoperiodo
- Humedad ambiental
- Concentración de  $\text{O}_2$
- Color de la luz





# REFERENCIAS

- <http://profesores.sanvalero.net/~w0548/FSVdocumentos/Fotosintesis%20C3,C4%20y%20CAM.pdf>
- [http://www.biol.unlp.edu.ar/farmacia/farmacognosia/fotosintesis\\_farmacognosia.htm](http://www.biol.unlp.edu.ar/farmacia/farmacognosia/fotosintesis_farmacognosia.htm)
- <http://www.curtisbiologia.com/node/96>
- [http://centros.edu.xunta.es/iesriocabe/files/u1/Temas%20Biología/T\\_205\\_Fotosintesis.pdf](http://centros.edu.xunta.es/iesriocabe/files/u1/Temas%20Biología/T_205_Fotosintesis.pdf)
- <http://www.biologia.edu.ar/plantas/fotosint.htm>
- [http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/Fisiologia\\_celular/contenidos10.htm](http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/Fisiologia_celular/contenidos10.htm)